

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-113590

(43) 公開日 平成9年(1997)5月2日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所	
G 0 1 R	33/02		G 0 1 R	33/02	B
G 0 1 D	5/245		G 0 1 D	5/245	R
H 0 1 L	43/08		H 0 1 L	43/08	P

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-269581

(22) 出願日 平成7年(1995)10月18日

(71) 出願人 000104652

キヤノン電子株式会社

埼玉県秩父市大字下影森1248番地

(72) 発明者 川瀬 正博

埼玉県秩父市大字下影森1248番地 キヤノ  
ン電子株式会社内

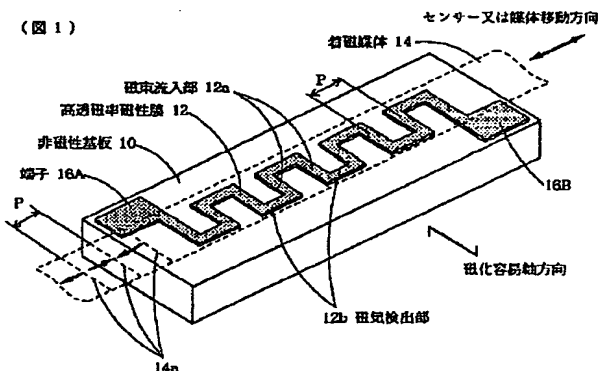
(74) 代理人 弁理士 加藤 卓

(54) 【発明の名称】 磁気センサー

(57) 【要約】

【課題】 所定の着磁ピッチで交互に逆極性に着磁された着磁媒体に対し相対的に移動して着磁媒体の磁界を磁気インピーダンス効果により検出する磁気エンコーダー用の磁気センサーにおいて、高精度、高分解能化を図る。

【解決手段】 非磁性基板 10 上に高透磁率磁性膜 12 を形成して構成される。磁性膜 12 は、着磁ピッチ P の奇数倍の間隔で平行に並ぶ複数本の直線状の磁束流入部 12a と、これを順次折り返すように連結する複数本の直線状の磁気検出部 12b からなるつづら折りパターンに形成される。磁束流入部 12a の延びる方向を着磁媒体 14 の磁化の同一位相を結ぶ方向に平行にして磁性膜 12 を媒体 14 に平行に対向させ、磁性膜 12 に対し両端部から高周波電流を印加し、媒体からの磁束により磁性膜 12 の両端部間に発生するインピーダンスの変化を電気信号に変換して出力を得る。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の着磁ピッチで交互に逆極性に着磁された着磁媒体に対し相対的に移動して前記着磁媒体の磁界を磁気インピーダンス効果により検出する磁気エンコーダー用の磁気センサーであって、

非磁性基板上に高透磁率磁性膜を形成して構成され、前記磁性膜は、前記着磁ピッチの奇数倍の間隔で平行に並ぶ複数本の直線状の磁束流入部と、該磁束流入部を順次折り返すように連結する複数本の直線状の磁気検出部とからなるつづら折りパターンに形成され、かつ磁化容易軸方向が膜面内で前記磁気検出部の延びる方向に対し垂直になるように磁気異性が付けられており、前記磁性膜の磁束流入部の延びる方向を前記着磁媒体の磁化の同一位相を結ぶ方向に平行にして該磁性膜を着磁媒体に平行に対向させ、該磁性膜に対し両端部から高周波電流を印加し、着磁媒体からの磁束により該磁性膜の両端部間に発生するインピーダンスの変化を電気信号に変換して出力を得られるようにしたことを特徴とする磁気センサー。

【請求項2】 前記磁束流入部の幅が $3\mu\text{m}$ 以上で前記着磁ピッチの $1/2$ 以下の範囲であることを特徴とする請求項1に記載の磁気センサー。

【請求項3】 前記磁束流入部の数が3以上の奇数であり、前記磁気検出部の数が2以上の偶数であることを特徴とする請求項1または2に記載の磁気センサー。

【請求項4】 前記つづら折りパターンに形成された磁性膜が前記磁束流入部の延びる方向に所定間隔で複数互いに平行に並設され、電気的に直列接続されたことを特徴とする請求項1から3までのいずれか1項に記載の磁気センサー。

【請求項5】 前記磁性膜は、該磁性膜より細くて該磁性膜に対応したつづら折りパターンに形成された導電膜を全長にわたって挟んで積層された2層の磁性膜であり、前記導電膜の両端部は前記2層の磁性膜の両端部から露出しており、前記導電膜に対し両端部から高周波電流を印加し、着磁媒体からの磁束により該導電膜の両端部間に発生するインピーダンスの変化を電気信号に変換して出力が得られるようにしたことを特徴とする請求項1から4までのいずれか1項に記載の磁気センサー。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、位置検出等に用いられる磁気エンコーダーにおいて、所定の着磁ピッチで交互に逆極性に着磁された着磁媒体に対し相対的に移動して前記着磁媒体の磁界を検出する磁気センサーに関し、特に磁気インピーダンス効果を利用して磁界検出を行なう高精度の磁気エンコーダー用の磁気センサーに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】最近のビデオカメラのオートフォーカス、高解像プリンター、計測機器等における位置検出、位置決め機構は小型高精度化が進んでおり、そこに採用されている磁気エンコーダーもさらに高精度、高分解能力が期待されている。

【0003】従来の磁気エンコーダー用の磁気センサーは磁気抵抗効果素子（以下、MR素子と略す）が主に採用されているが、高精度、高分解能力による着磁媒体の着磁ピッチの短縮により、着磁媒体から外部に漏れる磁束が極端に小さくなり、将来において感度不足が懸念される。

【0004】そこで、最近注目を集めているのが特開平7-181239号に開示されているアモルファスワイヤーによる磁気インピーダンス効果を利用した磁気検出素子（以下、MI素子という）である。磁気インピーダンス効果とは、磁性体にMHz帯域の高周波電流を流すと、外部磁界により磁性体のインピーダンスが変化し、それによる磁性体の両端電圧の振幅が数ガウスの微小磁界で数10%変化する現象である。

【0005】MI素子の磁束検出の分解能が、MR素子の0.1Oeという低感度に対して、 $10^{-5}$ Oe程度の高感度が得られることにより、MI素子の磁気エンコーダー用磁気センサーへの応用が期待されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記MI素子の機能はアモルファスワイヤーで見い出されたものであり、アモルファスワイヤーは材料として生産性は優れている。しかし、アモルファスワイヤーは、断面が円形であることや径が細く曲がりやすいことにより、磁気エンコーダー用磁気センサーの検出素子本体として要求される直線性の確保や複雑なパターンの形成が困難となる。

【0007】また、磁気エンコーダー用磁気センサーでは、通常、着磁媒体の着磁ムラの影響を少なくするために、複数の磁化の磁束を検出し平均化する必要がある。このために、従来のMR素子を用いた磁気センサーでは、一般的に図8に示すように、MR素子本体としての磁性膜101を、着磁媒体102の着磁ピッチPと等ピッチで順次折り返されるつづら折りパターンに形成した構成が採用されている。この場合、ピッチPで平行に並ぶ図中縦方向の直線部分のそれぞれが磁気抵抗効果の作用する磁気検出部101aである。MR素子では素子本体の磁性体に対し幅方向の磁束を検出するので、磁気検出部101aの幅方向が、着磁媒体102の矢印で示す各磁化の磁化方向に対し平行にされる。すなわち、磁気検出部101aの延びる長手方向が、破線で示す各磁化の境界（磁化反転の境界）102aの方向として示される各磁化の同一位相を結ぶ方向に対し平行にされて磁界検出が行なわれる。また、磁性膜101は、磁化容易軸方向が膜面内で磁気検出部101aの延びる長手方向

(図中縦方向)に平行になるように磁気異方性が付けられている。

【0008】これに対し、MI素子は素子本体の磁性体の延びる長手方向の磁束を検出するため、平均化手法に対し上記MR素子と異なる構成を工夫する必要がある。

【0009】そこで、本発明の課題は、磁気インピーダンス効果を利用した磁気センサーであって、着磁媒体の複数の磁化の磁界検出及びその平均化が可能であり、高精度、高分解能の磁気エンコーダー用として好適な磁気センサーを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明によれば、所定の着磁ピッチで交互に逆極性に着磁された着磁媒体に対し相対的に移動して前記着磁媒体の磁界を磁気インピーダンス効果により検出する磁気エンコーダー用の磁気センサーであって、非磁性基板上に高透磁率磁性膜を形成して構成され、前記磁性膜は、前記着磁ピッチの奇数倍の間隔で平行に並ぶ複数本の直線状の磁束流入部と、該磁束流入部を順次折り返すように連結する複数本の直線状の磁気検出部とからなるつづら折りパターンに形成され、かつ磁化容易軸方向が膜面内で前記磁気検出部の延びる方向に対し垂直になるように磁気異方性が付けられており、前記磁性膜の磁束流入部の延びる方向を前記着磁媒体の磁化の同一位相を結ぶ方向に平行にして該磁性膜を着磁媒体に平行に対向させ、該磁性膜に対し両端部から高周波電流を印加し、着磁媒体からの磁束により該磁性膜の両端部間に発生するインピーダンスの変化を電気信号に変換して出力を得られるようにした構成を採用した。

【0011】このような構成によれば、磁性膜の隣り合う磁束流入部どうしのそれぞれにより、着磁媒体の複数の磁化のそれぞれから磁束を還流磁束として磁性膜の磁気検出部のそれぞれに引き込むことができる。上記の磁気異方性の設定により、磁性膜の磁気検出部は引き込まれた磁束により磁気インピーダンス効果を発生させることができる。磁性膜全体のインピーダンスは各磁束還流部のインピーダンスの和として現れるので、複数の磁化の磁束の検出と平均化を行なえる。

【0012】また、非磁性基板上に素子本体としての磁性膜を形成して構成されるので、平面的に形成でき、素子本体として複雑なパターンも容易に形成でき、高精度、高分解能の磁気エンコーダー用として好適である。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図を参照して本発明の実施形態を説明する。

【0014】【第1の実施形態】図1は、本発明の第1の実施形態による磁気エンコーダー用磁気センサーの基本的な構造を示すものである。

【0015】図1において、14は着磁媒体であり、ここではテープ状のものとし、長手方向に所定ピッチPで

交互に逆極性に着磁されている。着磁媒体14の各磁化の境界、すなわち磁化反転の境界を14aの破線で示してある。この着磁媒体14に対し、次に述べる磁気センサーが相対的に移動する。すなわち、磁気センサーまたは着磁媒体14が移動する。その移動方向は、矢印で示すように着磁媒体14の着磁が連続する方向である長手方向に沿った方向とする。

【0016】一方、図1において10は磁気センサーの非磁性基板（以下、基板と略す）であり、チタン酸カルシウム(Ti-Ca系セラミック)、酸化物ガラス、チタニア(TiO<sub>2</sub>)、アルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)等の非磁性材から長方形の平板として形成されている。基板10は長手方向が着磁媒体14の長手方向に沿い、その上面が着磁媒体14の面に近接して平行に対向するように配置される。

【0017】基板10の上面には、磁気センサーの磁気検出素子本体として高透磁率磁性膜（以下、磁性膜と略す）12が形成されている。磁性膜12は、Fe-Co-B系等のアモルファス膜やFe-Ta-N系やFe-Ta-C系等の微結晶膜などの高透磁率金属磁性膜からなり、ここでは単層の膜とする。

【0018】磁性膜12は、着磁媒体14の着磁ピッチPに等しい間隔で平行に並ぶ複数本（ここでは9本）の直線状の磁束流入部12aと、この磁束流入部12aの延びる方向に対し垂直な方向に沿って磁束流入部12aを順次折り返すように連結する複数本（ここでは8本）の直線状の磁気検出部12bとからなるつづら折りパターンに形成されている。磁束流入部12aとなっている磁性膜12の両端に連続して端子16A、16Bが設けられている。端子16A、16BはCu、Au等の導電膜として形成されるか、あるいは磁性膜12の両端部を延長して形成される。

【0019】また、磁性膜12は、その長手方向、つまり磁気検出部12bの延びる方向が基板10の長手方向に平行、すなわち着磁媒体14の長手方向に平行にされ、磁束流入部12aの延びる方向が着磁媒体14の各磁化の境界（磁化反転の境界）14aの方向として示される磁化の同一位相を結ぶ方向に平行にされて、着磁媒体14に近接して平行に対向するように配置される。なお、ここでは前記磁化の同一位相を結ぶ方向を着磁媒体14の長手方向に対し垂直な幅方向としたが、長手方向に対し傾斜した方向としても良く、その場合、磁束流入部12aの延びる方向も前記同一位相を結ぶ方向と平行にするため、磁性膜12の長手方向（磁気検出部12bの延びる方向）に対して傾斜した方向とする。

【0020】このような構造により、磁束流入部12aにより着磁媒体14の磁化から発生する磁束を磁気検出部12bに引き込み、隣接する磁束流入部12aとで形成される閉磁路により磁束を還流させることができる。

【0021】なお、磁性膜12は、その磁化容易軸方向

が矢印で示すように膜面内で磁気検出部12bの延びる方向(磁性膜12全体の長手方向)に垂直な方向となるように、成膜後の磁場中アニール等により磁気異方性を付けておく。

【0022】以上のような構成のもとに、磁気エンコーダーの動作時には、磁性膜12の両端に設けられた端子16A、16Bより磁性膜12に高周波電流を印加し、着磁媒体14から磁性膜12内部に引き込まれた磁束により磁性膜12の両端の端子16A、16B間のインピーダンスが変化し、その変化を電気信号に変換して出力を得るようになってい

る。【0023】次に本実施形態の磁気センサーの動作時の作用、効果について図2、図3を用いて説明する。

【0024】図2に示すように、着磁媒体14の個々の磁化から磁束が矢印のとおり磁性膜12の磁束流入部12aのそれぞれから磁気検出部12bのそれぞれに引き込まれ、隣接する磁束流入部12aから着磁媒体14に戻り、還流磁束が形成される。ここで磁束流入部12aの幅wは、あまり狭すぎると還流磁束に対する磁気抵抗が大きくなることで下限を $3\mu\text{m}$ とし、また広すぎると着磁媒体からの漏れ磁束の変化が曖昧となるため着磁ピッチPの $1/2$ を上限とするのが望ましい。また、磁束流入部の長さdは、着磁媒体14からの磁束を拾う幅となり、磁気ヘッドで言うトラック幅に相当する。

【0025】磁束流入部12aが9本形成されていることにより、着磁媒体14の8つの磁化の磁束を還流磁束として磁性膜12の8つの磁気検出部12bのそれぞれに引き込むことができる。磁気検出部12bに引き込まれた磁束は、その部分では磁化容易軸方向と垂直な方向に流れることで磁気インピーダンス効果が発生し、インピーダンスの変化が現れる。

【0026】ここで、隣り合う磁気検出部12bどうしにおいて互いに逆方向に磁束が流れるが、磁気インピーダンス効果は、図3の通り外部磁界の方向に対して対称の特性を持っているため、磁束の方向に関わらず、磁性膜12の全体のインピーダンスは各磁束還流部のインピーダンスの和として現れる。すなわち、8つの磁化の磁束によるインピーダンスの和が得られ、8つの磁界の磁束の検出と平均化を行え、これにより着磁媒体14に着磁ムラがあっても、影響が緩和される。

【0027】また、別の効果として、磁性膜12の長手方向に沿って進入する着磁媒体14以外からのノイズとなる有害な外部磁界 $H_{ex}$ の影響も回避することができる。すなわち、図2に示す隣り合う逆方向の還流磁束が流れるA部、B部のインピーダンスは、 $H_{ex}=0$ の場合は図3のZ<sub>o</sub>に対応しているとすると、 $H_{ex}>0$ の場合、A部では還流磁束が外部磁界 $H_{ex}$ に対し逆方向のインピーダンスがZ<sub>m</sub>に低下し、B部では逆に還流磁束が順方向のためZ<sub>p</sub>に増加し、その和は2Z<sub>o</sub>と大差なく、外部磁界の影響がほぼ相殺される。但し、磁性

膜12全体として外部磁界の影響を相殺するには、磁性膜12内の還流磁束の正逆方向の数を等しくする必要があり、このために磁束流入部12aの数を3以上の奇数として磁気検出部12bの数を2以上の偶数とする必要がある。

【0028】以上のように、本実施形態のセンサーは着磁媒体14の複数の磁化の検出とその平均化を行なうことができ、磁気エンコーダー用として好適に用いることができる。しかもノイズとなる外部磁界の影響を回避し、安定した出力が得られる。

【0029】また、磁束流入部12aの幅wを $3\mu\text{m}$ まで細くできて磁束流入部12aの間隔のピッチPを小さくできるため素子本体の磁性体の幅方向の磁界を検知するMR素子に比べ、より短い着磁ピッチの着磁媒体の磁界検出を行うことができ、高精度、高分解能の磁気エンコーダー用として好適に用いることができる。

【0030】また、センサーの素子本体は磁性膜で形成されるので、従来のアモルファスワイヤーでの取り扱いの困難さや複雑なパターンへの対応ができなかつたこと等の問題が解消され、生産性にも優れている。

【0031】次に、本発明の他の実施形態を図4～図7により説明するが、図4～図7において第1の実施形態の図1、図2中と共通ないし対応する部分には共通の符号が付してある。各実施形態の説明において第1の実施形態と共通な部分の説明は省略する。

【0032】〔第2の実施形態〕図4、図5は第2の実施形態の磁気センサーの構造を示している。図4に示すように、本実施形態では基板10上の磁性膜12の外形は第1の実施形態の磁性膜12と同じつづら折りパターンであるが、図5に示すように磁性膜12は2層の磁性膜121、122を積層したものとして形成されている。そして、磁性膜121、122の間には、磁性膜121、122より細くて磁性膜121、122に対応したつづら折りパターンに形成された導電膜18が挟まれている。導電膜18は磁性膜121、122の全長にわたって挟まれており、両端部が磁性膜121、122の両端部より露出して端子18A、18Bとして形成されている。なお、導電膜18はCu、Au等からなる。

【0033】このような構成で検出動作時には、端子18A、18Bから導電膜18に高周波電流を流す。導電膜18とともに磁性膜121、122にも高周波電流が流れるが、導電膜18の方が1～2桁比抵抗が低いため、センサー全体の直流抵抗値が第1の実施形態より低く設定でき、Q値も上げられる。着磁媒体からの磁束が第1の実施形態と同様に磁性膜121、122に流れることにより導電膜18の端子18A、18B間のインピーダンスが変化し、その変化が電気信号に変換されて出力が得られるようになってい

る。【0034】このような構成によれば、第1の実施形態のように磁性膜12が単層構造のものより磁性膜12の

直流抵抗を下げることでQ値を上げ、発振回路の条件によつては単層のものより扱いやすくなる。

【0035】【第3の実施形態】第1の実施形態では、着磁媒体14の着磁ピッチPと磁性膜12の磁束流入部12aの間隔のピッチを等しくしたが、着磁媒体の着磁ピッチPが極端に小さくなる場合は、引き込まれる磁束が磁性膜12内部の反磁界の影響により弱められるため、その場合は磁気検出部12bの長さを長くする必要がある。

【0036】その方法として、図6に第3の実施形態として示すとおり、磁束流入部12aの間隔のピッチP'を着磁ピッチPの1より大きな奇数倍(図6ではP'=P×3)とする。こうすれば、隣り合う磁束流入部12aどうしの間で媒体磁化1個分の磁界の差ができ、着磁媒体14から磁束を引き込んで磁気検出部12bに流すことができ、磁気検出部12bの長さが長いので、反磁界の影響を押さえ、検出感度を維持することができる。

【0037】【第4の実施形態】MI素子は素子全体の磁性体の長さが短いとインピーダンスが小さくなり、MI素子の出力を取り出す発振回路に最適な数値よりも小さくなり、十分な発振が得られない場合が生ずる。そのため単純に素子全体の長さを長くする方法はあるが、着磁媒体との対向面が長くなることで着磁媒体とのスペーシングの変動の影響を受けやすくなる。

【0038】この点を考慮した第4の実施形態を図7に示す。

【0039】図7に示すとおり、本実施形態では基板10上に、第1の実施形態の磁性膜12に対応するつづら折りパターンの4つの磁性膜12が長手方向に垂直な方向、すなわちそれぞれの磁束流入部12aの延びる方向であつて着磁媒体14の磁化の境界14aの方向として示される磁化の同一位相を結ぶ方向に所定間隔で互いに平行に並設され電気的に直列接続されている。

【0040】また、4つの磁性膜12は、それぞれの磁束流入部12aが一直線上に揃う様に配置されている。ただし、4つの磁性膜12は、隣り合う磁性膜12どうしで相対的に長手方向へ磁気検出部12bの折り返しが1ピッチ分ずれている。すなわち、隣り合う磁性膜12どうしでつづら折りパターンの凹凸の向きが逆になっており、これにより隣り合う磁性膜12どうしの端部での直列接続部が符号12cで示すように、端部の磁束流入部12aどうしをそのまま延長して連結して一直線状になるように工夫されている。なお、4つの磁性膜12の直列接続全体の両端には端子16A'、16B'が形成されている。

【0041】このようにすれば、4つの磁性膜12からなるMI素子本体の全体の長手方向の長さを短くしたままで、磁気検出部12bの全部の総延長を長くすることができ、MI素子本体のインピーダンスを稼ぐことができるとともに、着磁媒体14とのスペーシングの

影響を受け難くすることができる。また、端子16A'、16B'がMI素子本体の片側に配置されるので、配線の引き回しの点でも簡単になるという利点が得られる。

【0042】

【発明の効果】以上の結果から明らかなように、本発明によれば、所定の着磁ピッチで交互に逆極性に着磁された着磁媒体に対し相対的に移動して前記着磁媒体の磁界を磁気インピーダンス効果により検出する磁気エンコーダ用の磁気センサーであつて、非磁性基板上に高透磁率磁性膜を形成して構成され、前記磁性膜は、前記着磁ピッチの奇数倍の間隔で平行に並ぶ複数本の直線状の磁束流入部と、該磁束流入部を順次折り返すように連結する複数本の直線状の磁気検出部とからなるつづら折りパターンに形成され、かつ磁化容易軸方向が膜面内で前記磁気検出部の延びる方向に対し垂直になるように磁気異方性が付けられており、前記磁性膜の磁束流入部の延びる方向を前記着磁媒体の磁化の同一位相を結ぶ方向に平行にして該磁性膜を着磁媒体に平行に対向させ、該磁性膜に対し両端部から高周波電流を印加し、着磁媒体からの磁束により該磁性膜の両端部間に発生するインピーダンスの変化を電気信号に変換して出力を得られるようにした構成を採用したので、従来ではMI素子で困難であつた着磁媒体の複数の磁化の磁界検出及びその平均化が可能になった。

【0043】しかも外部からのノイズ磁界に対して強く、安定した出力が得られる上に、MR素子に比べ、より短い着磁ピッチの着磁媒体の磁界の検出が可能であり、高精度、高分解能の磁気エンコーダ用に好適である。さらに、素子本体が磁性膜からなるので、従来のアモルファスワイヤーのような取り扱い上の困難さがなく、複雑なパターンの形成も容易であり、生産性にも優れている等の優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態による磁気エンコーダ用磁気センサーの基本的な構造を示す斜視図である。

【図2】同磁気センサーの検出動作時の作用を説明する説明図である。

【図3】同磁気センサーの磁性膜の磁気インピーダンス特性を示すグラフ図である。

【図4】第2の実施形態の磁気センサーの構造を示す斜視図である。

【図5】図4中のA-A'線に沿う断面図である。

【図6】第3の実施形態の磁気センサーの磁性膜における磁束流入部の間隔のピッチP'と着磁媒体の着磁ピッチPの関係を示す説明図である。

【図7】第4の実施形態の磁気センサーの構造を示す斜視図である。

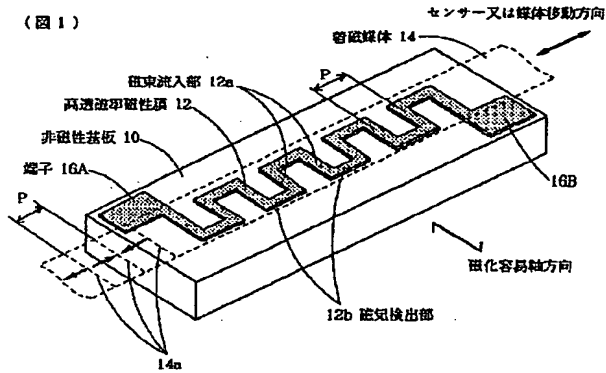
【図8】従来のMR素子による磁気センサーの構造を示す平面図である。

## 【符号の説明】

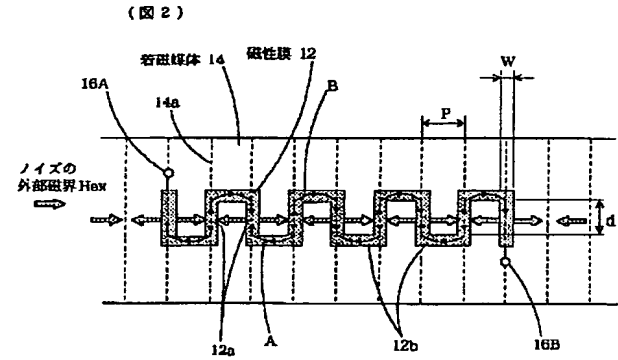
10 非磁性基板  
12 高透磁率磁性膜  
12a 磁束流入部  
12b 磁気検出部  
12c 直列接続部

14 着磁媒体  
14a 磁化の境界（磁化反転の境界）  
16A, 16B 端子  
18 導電膜  
18A, 18B 端子  
121, 122 磁性膜

【図1】

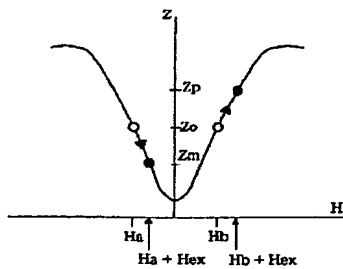


【図2】



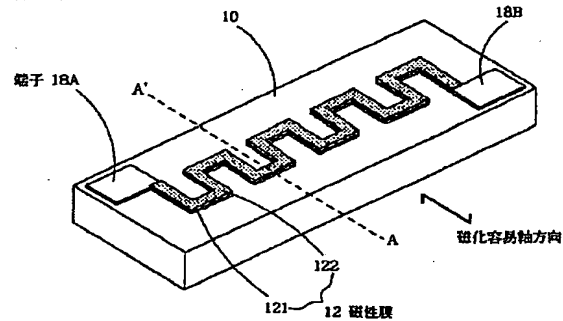
【図3】

(図3)



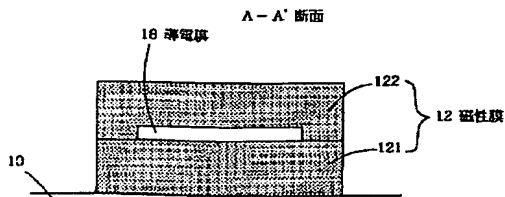
【図4】

(図4)



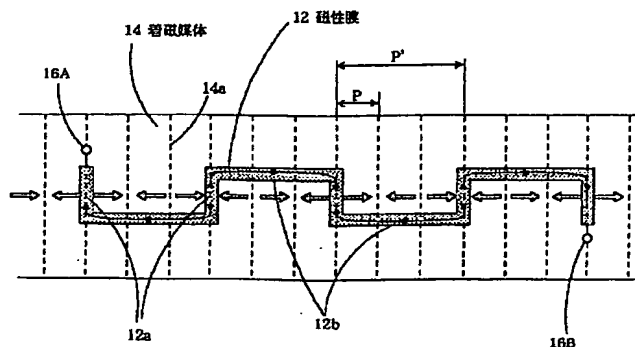
【図5】

(図5)

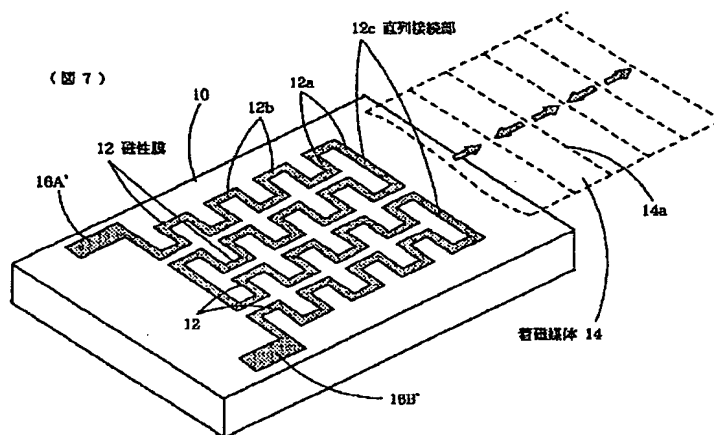


【図6】

(図6)

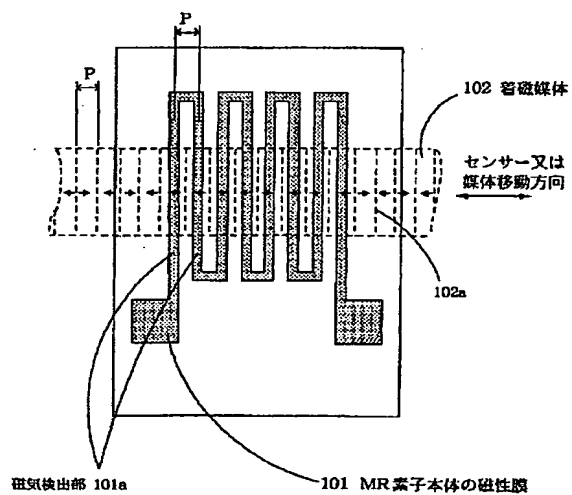


【図7】



【図8】

(図8)



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**